10.22092/sppi.2020.122874

"مجله نهال و بذر"
جلد ۳۶، شماره ۱، سال ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

واکنش عملکرد دانه ارقام جدید گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به تاریخ کاشت براساس شاخص‌های زراعی- اقلیمی درشرایط محیطی گرگان

Response of Grain Yield of New Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars to Sowing Date Based on Agro-climatic Indices Under Gorgan Environmental Conditions

حبیب اله سوقی[۱]، منوچهر خدارحمی[۲]، سعید باقری کیا[۳] و مهدی نظری[۴]

۱و ۳- استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۲- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۴- کارشناس، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰۴   تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۳

چکیده

سوقی، ح.، خدارحمی، م.، باقری کیا، س. و نظری، م. ۱۳۹۹. واکنش عملکرد دانه ارقام جدید گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به تاریخ کاشت براساس شاخص‌های زراعی- اقلیمی درشرایط محیطی گرگان. **مجله نهال و بذر ۳۶:** ۳۱ - ۱.

با هدف واکاوی عملکرد دانه ارقام تجاری جدیدگندم نان در تاریخ کاشت‌های مختلف بر اساس شاخص‌های زراعی- اقلیمی در شرایط محیطی گرگان، آزمایشی در دو سال زراعی (۱۳۹۸-۱۳۹۶) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان به اجرا در آمد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. پنج تاریخ کاشت ۱۰آبان ، ۲۵ آبان، ۱۰ آذر، ۲۵ آذر و ۱۰ دی در کرت‌های اصلی و چهار رقم گندم نان بهاره شامل: احسان، تیرگان، معراج و کلاته در کرت‌های فرعی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه و تعداد سنبله در متر مربع در دو سال آزمایش تفاوت معنی‌داری نداشتند. در تاریخ کاشت سوم (۱۰ آذر) بیشترین عملکرد دانه (۶۱۵۷/۹ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. طول دوره پر شدن دانه در تاریخ کاشت سوم با وجود اختلاف یک ماهه با تاریخ کاشت اول (به ترتیب ۴۲/۳۷ و ۴۲/۲۱ روز) تفاوت معنی دار نداشت. شرایط مطلوبی از نظر ارتفاع گیاه و عدم خوابیدگی برای ارقام مختلف فراهم بود. در تاریخ کاشت سوم شرایطی بهینه، از نظر دما، طول روز، رطوبت نسبی وکارایی مصرف انرژی در طول دوره پر شدن دانه برای ارقام مختلف گندم ایجاد کرد و در این تاریخ کاشت بیشترین مقادیر از نظر شاخص‌های زراعی- اقلیمی شامل درجه - روز رشد (GDD)، طول روز (DL)، واحدهای دمایی-نوری (PTU)، واحدهای دمایی-رطوبتی (HYTU) و کارایی مصرف انرژی فراهم شد. ارقام کلاته و تیرگان به ترتیب بیشترین عملکرد دانه را داشتند و عملکرد آن‌ها بطور معنی‌داری بیشتر از ارقام احسان و معراج بود. تعداد سنبله در متر مربع در ارقام مذکور نیز بطور معنی‌داری بیشتر از سایر ارقام بود. طول دوره رشد رقم کلاته کوتاهتر از سایر ارقام بود (بدون تفاوت در طول دوره پر شدن دانه) که باعث فرار گیاه از تنش‌های گرما و خشکی انتهایی، افزایش کارایی مصرف انرژی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه شد. براساس نتایج این آزمایش تاریخ کاشت و رقم مناسب و سازگار نقش کلیدی در مدیریت دوره پر شدن دانه و افزایش عملکرد دانه داشتند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه، کارایی مصرف انرژی، دوره پر شدن دانه، گلدهی، اقلیم گرم و مرطوب شمال

نگارنده مسئول: hab3asog@gmail.com   تلفن: ۰۱۷۳۲۱۷۰۰۶۹

مقدمه

گنـــدم یکـــی از مهم‌تـــرین و اصـــلی‌ترین محصولات کشاورزی جهان است که بـا بـیش از ۲۱۸ میلیون هکتار بیشـترین سـطح زیـر کشـت را در سراسر جهان به خـود اختصـاص داده اسـت و در مجمـوع تولیـدی در حـدود ۷۷۲ میلیـون تـن دارا اســت (Anonymous, 2019). در ایــران نیـز گنـدم از نظـر تولیـد و سـطح زیـر کشـت مهم‌تـرین محصـول کشـاورزی اسـت و افـزایش محصول آن روز به روز مورد توجه بیشتری قـرار گرفته است و از نظر اقتصـادی و امنیـت غـذایی مــردم از اهمیــت بســیاری برخــوردار اســت (Ghaffari and Jalal Kamali, 2013).

بر اسـاس آمارنامـه وزرات جهـاد کشـاورزی در ســال زراعــی ۹۶-۱۳۹۵ بــیش از ۳۶۸ هــزار هکتار اراضی استان گلستان زیر کشت گندم بود (رتبه ششم کشور) که در آن بیش از ۱/۳ میلیـون تـن گنـدم برداشـت شـد کـه از ایـن نظـر اسـتان گلسـتان پـس از اسـتان خوزسـتان در رتبـه دوم کشور قرار گرفت (Ahmadi *et al.*, 2018).

تغییــر اقلــیم یکــی از مهمتــرین چالش‌هــای تحقیقاتی متخصصین علوم گیاهی است. افـزایش گازهــای گلخانــه‌ای و اثــر دی‌اکســید کــربن باعـــث تغییـــر دمـــا و الگـــوی بارنـــدگی (Anonymous, 2018) و در نتیجــه کــاهش عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی از جمله گنـدم شده است (Asseng *et al.*, 2015). در بسـیاری از مناطق، وقوع تنش‌های گرما و خشکی انتهـای فصــل عامــل اصــلی کــاهش عملکــرد گنــدم می باشد (Farooq *et al.*, 2011).

گلـدهی و دوره پـر شـدن دانـه حسـاس‌ترین مراحل رشد گنـدم بـه تنش‌هـای محیطـی انتهـای فصـــل هســـتند، بطوریکـــه وقـــوع تـــنش در مراحـل مـذکور باعـث عـدم بـاروری مناسـب و کوتاه شدن دوره پر شدن دانـه می‌شـود. بنـابراین توانایی گیاه برای تطبیق مراحل حساس نمـوی بـا شرایط عدم تـنش در طـی فصـل رشـد می‌توانـد سـبب فـرار گیـاه از تنش‌هـای محیطـی شـود (Farooq *et al.*, 2014).

زمانی‌کـه گیـاه پـیش از گلـدهی و در زمـان باروری با تنش مواجه شود، تنش خشـکی باعـث کاهش باروری شده و در نهایت بر تعداد دانـه یـا تعداد پنجه‌های بارور تـأثیر می‌گـذارد، در حـالی که در تنش‌هایی که پس از گلدهی و در طی پـر شدن دانه اتفـاق می‌افتنـد، وزن دانـه تحـت تـاثیر قرار می‌گیـرد (Jagadish *et al.*, 2015). تعیـین تـاریخ کاشـت مناسـب بـرای اسـتفاده از شـرایط بهینه ابزاری مهم در به حداقل رسـاندن عـوارض تــنش گرمــا و خشــکی انتهــای فصــل اســت (Andarzian *et al.*, 2015).

گلدهی گندم تـابع تنهـا یـک عامـل محیطـی نیست و بسته به عادت رشد ارقـام گنـدم یـک یـا چنـد سـازکار نقـش بیشـتری در کنتـرل زمـان گلدهی و تعیین سازگاری گندم دارند. بر همـین اساس است کـه ارقـام گنـدم بـه سـه نـوع بهـاره، زمسـتانه و بینـابین تقسـیم می‌شـوند. گنـدم‌های بهـاره شـامل گنـدم‌هایی هسـتند کـه نیـازه بـه بهاره‌سازی آن‌ها کم بوده و یا به طـور کلـی نیـاز

به بهاره‌سازی ندارند این گندم‌ها معمولا در مناطقی با زمستان ملایم کشت می‌شوند (Acevedo *et al.*, 2002).

نمو فرآیندی پیوسته است که به منظور درک بهتر سازکارهای این فرآیند، چرخه زندگی گیاه گندم به چندین مرحله فنولوژیکی تقسیم می‌شود. در واقع فنولوژی شامل تغییرات از سبز شدن تا رسیدگی برداشت است و چگونگی این تغییرات تابع شرایط محیطی منطقه است (Salazar-Gutierrez *et al.*, 2013). طول فصل رشد و طول هر یک مراحل فنولوژیکی عوامل تعیین کننده عملکرد دانه هستند و به مقدار خاصی دما برای رسیدن به هر یک از مراحل فنولوژیکی نیاز است (Sikder, 2009). انتظار می رود هرگونه تغییر در طول مراحل فنولوژیک سبب تغییر یک یا چند جزء عملکرد و در نهایت عملکرد اقتصادی شده و دستکاری این مراحل راهکاری برای افزایش عملکرد دانه باشد (Jalal Kamali and Sharifi, 2010).

علاوه بر دما، طول روز (فتوپریود) عامل محیطی اصلی دیگری در تعیین زمان گلدهی است (Daba *et al.*, 2016). به عبارت دیگر رشد و نمو گیاهان تابع دما و طول روز است (Zhang *et al.*, 2015) و بیان ژن‌های نموی گندم در پاسخ به شرایط محیطی حاکم تعدیل می‌شود (Slafer, 2012).

شاخص‌های زراعی-اقلیمی شامل مجموع درجه - روز رشد (GDD: Growing Degree Days)، طول روز (DL: Day Length)، تناوب نوری (PPD: Photoperiod)، مجموع واحدهای دمایی-نوری (PTU: Photo-Thermal Unit)، مجموع واحدهای دمایی-آفتابی (HTU: Helio-Thermal Unit)، مجموع واحدهای رطوبتی - دمایی (HYTU: Hydro-Thermal Unit)، کارایی مصرف دما (HUE: Heat Use Efficiency)، کارایی مصرف دمایی-آفتابی (HTUE: Helio-Thermal Use Efficiency)، کارایی مصرف دمایی-نوری (PTUE: Photo-Thermal Use Efficiency) و کارایی مصرف دمایی-رطوبتی (HYTUE: Hydro-Thermal use efficiency) می باشند که جهت بررسی فنولوژی گیاهان و ارتباط آن با عملکرد دانه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Singh and Singh, 2014; Ahmad, 2017).

پر واضح است که در شرایط تغییر اقلیم، شاخص‌های زراعی - اقلیمی نیز دستخوش تغییر می‌شوند و می‌توان با پایش این شاخص‌ها، واکنش گیاهان زراعی به شرایط اقلیمی را در مراحل فنولوژیکی گیاهی مورد ارزیابی و بررسی قرار داد (Parmesan and Hanley, 2015; Pearse *et al.*, 2017). مراحل نموی با استفاده از درجه - روز رشد و سایر پارامترهای مرتبط دقیق‌تر از تقویم زمانی برآورد می‌شوند (Warthinhton and Hatchinson, 2005).

درجه - روز رشد (GDD) برای ارتباط بین مدت رشد و درجه دما و بر اساس یک ارتباط مستقیم بین دما و رشد پیشنهاد شده است (Ahmad, 2017).

پژوهش‌های پیشین انجام شده بیشتر بر اساس تاثیر دما بر فنولوژی ژنوتیپ های گندم از طریق درجه - روز رشد تجمعی در گندم بوده است (Kalateh-Arabi *et al*., 2012; Li *et al*., 2012; Salazar-Gutierrez *et al*., 2013; Aslam *et al*., 2017).

هدف این پژوهش واکاوی عملکرد دانه ارقام تجاری جدید گندم نان مربوط به اقلیم گرم و مرطوب شمال در تاریخ کاشت‌های مختلف به منظور مدیریت دوره پر شدن دانه بر اساس شاخص‌های زراعی- اقلیمی در منطقه گرگان بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله گرگان واقع در پنج کیلومتری شمال گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی در دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ به اجرا در آمد. آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی عراقی محله گرگان شامل مجموع طول روز، بارش، مجموع ساعات آفتابی، میانگین رطوبت نسبی و میانگین و حداکثر دما در دو سال آزمایش به ماه‌های آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

مواد گیاهی مورد استفاده در این پژوهش جدیدترین ارقام گندم معرفی شده برای اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور شامل ارقام: احسان (رقم رایج منطقه)، تیرگان، معراج و کلاته بودند. شجره و مشخصات ارقام در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. ارقام مذکور در پنج تاریخ کاشت ۱۰ آبان، ۲۵ آبان، ۱۰ آذر، ۲۵ آذر و ۱۰ دی کشت شدند. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک و ماله بود. تاریخ کاشت مرسوم در منطقه اواسط آذر است.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و به مدت دو سال اجرا شد. تاریخ‌های کاشت در کرت اصلی و ارقام گندم در کرت فرعی قرار گرفتند. کشت هر رقم در این آزمایش در ۱۲متر مربع (عرض ۱/۲ متر و طول ۱۰ متر) با استفاده از ماشین کاشت آزمایشات غلات وینتراشتایگر انجام شد. میزان بذر در کلیه کرت‌ها بر اساس تراکم ۳۵۰ دانه در متر مربع بر مبنای وزن هزار دانه ارقام محاسبه و مصرف شد.

میزان کودهای شیمیایی مصرفی بر اساس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (جدول ۴) تعیین شد که تمامی کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم و تمامی کود فسفاته از منبع فسفات دی آمونیوم به صورت پایه و کود نیتروژن از منبع اوره در دو نوبت پایه و سرک به زمین داده شد. بر این اساس کود سولفات پتاسیم ۵۰ کیلوگرم در هکتار، کود فسفات دی

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان در دو سال زراعی (۹۸-۱۳۹۶)

Table 1. Meteorological information of Gorgan agricultural research station in two cropping cycles (2017-19)

Month	ماه	مجموع طول روز (ساعت) Accumulated day Length (hour)	بارش (میلیمتر) Precipitation (mm)		مجموع ساعات آفتابی Accumulated sunny hours		میانگین درصد رطوبت نسبی Mean relative humidity (%)		میانگین دما (سانتیگراد) Mean temperature (°C)		حداکثر درجه دما (سانتیگراد) Maximum temperature (°C)	
		2017-2018 + 2018-2019	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019	2017-2018	2018-2019
Oct.23-Nov.21	آبان	314.42	12.1	47.3	177.7	164.8	74	73	17.4	15.4	23.8	21.4
Nov.22-Dec.21	آذر	293.04	79.1	43.8	157.1	117.0	80	83	9.4	11.5	14.9	16.5
Dec.22-Jan.20	دی	293.30	56.0	118.8	117.4	133.7	83	81	8.8	8.3	13.9	14.3
Jan.21-Feb.19	بهمن	315.20	47.6	116.1	113.0	147.8	82	81	8.2	8.9	12.3	14.1
Feb.20-Mar.20	اسفند	335.87	25.0	176.6	98.0	169.3	81	75	11.7	10.9	16.9	17.0
Mar.21-Apr.20	فروردین	395.30	33.4	69.8	144.2	129.8	79	84	14.6	14.6	20.5	19.2
Apr.21-May.21	اردیبهشت	429.39	16.7	41.0	199.0	227.9	69	71	20.1	20.0	27.2	26.6
May.22-Jun.21	خرداد	451.28	4.7	3.0	251.4	293.1	67	63	25.7	27.0	32.4	34.2

-آمار هواشناسی از ایستگاه فرودگاه در یک کیلومتری ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان گرفته شد.

-Meteorological information obtained from Gorgan airport station located one kilometer from Gorgan agricultural research station.

جدول ۲- شجره و سال معرفی چهار رقم گندم نان

Table 2. Pedigree and year of release of four bread wheat cultivars

Cultivar	رقم	Pedigree شجره	Year of release
Ehsan	احسان	SABUF/7/ALTAR 84/AE.SQUARROSA (224)//YACO/6/CROC_1/AE.SQUARROSA (205) /5/ BR12*3/4/IAS55*4/CI14123/3/IAS55*4/EG,AUS//IAS55*4/ALD	2016
Tirgan	تیرگان	PFAU/MILAN/5/CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUS)//BCN/3/VEE#7/BOW/4/PASTOR	2017
Meraj	معراج	PFAU/MILAN/3/SKAUZ/KS94U215//SKAUZ	2018
Kalateh	کلاته	MILAN/S87230//BABAX	2018

جدول ۳- خصوصیات چهار رقم گندم نان مورد استفاده در این پژوهش

Table 3. Characteristics of four bread wheat cultivars used in this study

Characteristic	خصوصیت	احسان Ehsan	تیرگان Tirgan	معراج Meraj	کلاته Kalateh
Mean grain yield in adaptation trials (kg ha^{-1})	میانگین عملکرد دانه در آزمایشات سازگاری (کیلوگرم در هکتار)	5719	5900	5887	5920
Growth habit	عادت رشد	بهاره Spring	بهاره Spring	بهاره Spring	بهاره Spring
Plant height (cm)	ارتفاع گیاه (سانتیمتر)	107	105	105	100
Grain color	رنگ دانه	قرمز Red	زرد کهربایی Yellow amber	زرد کهربایی Yellow amber	زرد کهربایی Yellow amber
1000-Grain weight (g)	وزن هزار دانه (گرم)	45	44	40	41
Lodging	خوابیدگی	نیمه مقاوم Moderately resistant	نیمه مقاوم Moderately resistant	نیمه مقاوم Moderately resistant	مقاوم Moderately resistant
Grain shattering	ریزش دانه	مقاوم Resistant	مقاوم Resistant	مقاوم Resistant	مقاوم Resistant
Grain protein content (%)	درصد پروتئین دانه	12.3	12.2	12.3	12.3
Wet gluten content (%)	درصد گلوتن مرطوب	31	32.3	33.5	31.5
Grain hardness	سختی دانه	-	55	54	44
Spike type	تیپ سنبله	ریشکدار Awned	ریشکدار Awned	ریشکدار Awned	ریشکدار Awned
Response to yellow rust	واکنش به زنگ زرد	مقاوم Resistant	مقاوم Resistant	مقاوم تا نیمه‌مقاوم Resistant to Moderately resistant	مقاوم Resistant
Response to leaf rust	واکنش به زنگ قهوه‌ای	مقاوم تا نیمه‌مقاوم Resistant to Moderately resistant	مقاوم Resistant	مقاوم تا نیمه‌مقاوم Resistant to Moderately resistant	مقاوم تا نیمه‌حساس Resistant to Moderately susceptible
Response to stem rust	واکنش به زنگ سیاه	حساس Susceptible	مقاوم تا نیمه‌حساس Resistant to Moderately susceptible	مقاوم تا نیمه‌مقاوم Resistant to Moderately resistant	حساس Susceptible
Response to fusarium head blight	واکنش به فوزاریوم سنبله	مقاوم Resistant	نیمه‌مقاوم Moderately resistant	نیمه‌مقاوم Moderately resistant	حساس Susceptible
Baking quality	کیفیت نانوایی	خوب Good	خیلی خوب Very good	خیلی خوب Very good	خیلی خوب Very good

- اطلاعات میانگین چهار ایستگاه اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور (گرگان، مغان، ساری و گنبد) است.

-The information is averaged over four stations of Northern Warm and Humid Agro-climatic Zone (Gorgan, Moghan, Sari and Gonbad) in Iran.

جدول ۴- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان

Table 4. Soil physical and chemical properties of Gorgan agricultural research station

Property	ویژگی	مقدار Value
Depth (cm)	عمق (سانتیمتر)	0-30
Saturation (%)	درصد اشباع	43.6
EC (dS/m)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	1.1
pH	اسیدیته	7.7
Organic carbon (%)	درصدکربن آلی	1.30
Total N (%)	درصد نیتروژن کل	0.13
Available phosphorus (ppm)	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	13.7
Available potassium (ppm)	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	296.0
Clay (%)	درصد رس	20
Silt (%)	درصد لای	66
Sand (%)	درصد ماسه	14
Soil texture	بافت خاک	سیلت- لوم Silt-loam

آمونیوم ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود اوره ۱۵۰کیلوگرم در هکتار، گوگرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و سولفات روی ۳۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه گردید.

کنترل شیمیایی علف‌های هرزپهن برگ و باریک برگ با اختلاط علف‌کش‌های گرانستار به نسبت ۲۰ گرم در هکتار و تاپیک یک لیتر در هکتار انجام شد. این کار به وسیله سمپاش پشتی موتوری در مرحله پنجه‌دهی صورت پذیرفت. در طول دوره رشد نسبت به اعمال توصیه‌های فنی زراعی بطور یکسان برای همه تیمارها اقدام شد.

در طول دوره آزمایش از کاشت تا برداشت مراحل فنولوژی مانند تاریخ‌های سبز شدن (زادوکس ۱۱)، پنجه‌زنی (زادوکس ۲۱)، شروع طویل شدن ساقه (زادوکس ۳۱)، آبستنی(زادوکس ۳۷)، ظهور سنبله (زادوکس ۵۵)، گلدهی (زادوکس ۶۵) و رسیدگی فیزیولوژیک (زادوکس ۹۰) یادداشت گردید. تعداد روز تا هر مرحله نموی خاص بر اساس تعداد روز تا زمانی که ۵۰ درصد از گیاهان هر کرت به آن مرحله وارد شده بودند، در نظر گرفته شد. درصد خوابیدگی ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Fischer and Stapper, 1987).

۱۰۰× (۹۰/ زاویه خوابیدگی نسبت به حالت عمود × سطح خوابیدگی کل کرت) = درصد خوابیدگی

در پایان فصل زراعی و پس از رسیدن محصول، برداشت با استفاده از کمباین آزمایشی مدل وینتراشتایگر انجام شد و عملکرد دانه و اجزای عملکرد هر کرت با استفاده از ترازوی

دیجیتال با دقت یک صدم گرم اندازه‌گیری شد.

شاخص‌های زراعی- اقلیمی در هر مرحله فنولوژیکی شامل مجموع طول روز (DL)، طول روز (PPD)، مجموع درجه - روز رشد (GDD)، مجموع واحدهای دمایی-نوری (PTU)، مجموع واحدهای دمایی-آفتابی (HTU)، مجموع واحدهای دمایی-رطوبتی (HYTU)، کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی-آفتابی (HTUE)، کارایی مصرف دمایی-نوری (PTUE) و کارایی مصرف دمایی-رطوبتی (HYTUE) محاسبه شدند (Ahmad, 2017).

محاسبه طول روز با استفاده از داده‌های مربوط به طول روز از مرحله سبز شدن تا آغاز گلدهی از طریق فرمول زیر انجام شد (Aslam *et al.*, 2017).

$$\text{Photoperiod} = 1 - 0.004\times(20 - \text{day length})^2$$

برای محاسبه مجموع درجه - روز رشد از رابطه GDD استفاده شد:

$$GDD = \sum(Tmin+Tmax)/2 - T_{base}$$

که دمای پایه برای گندم صفر و حداکثر دمای آستانه ۳۵ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد (Bauer *et al.*, 1984; Andarzian *et al.*, 2015).

به منظور بررسی اثرمتقابل طول دوره نوری و واحدهای دمایی از شاخص‌های مجموع واحدهای دمایی-نوری (PTU) و مجموع واحدهای دمایی-آفتابی (HTU)، استفاده شد که PTU حاصلضرب GDD در ساعات آفتابی بالقوه (طول روز) و HTU حاصلضرب GDD در ساعات آفتابی واقعی می‌باشد (Ahmad, 2017).

$$PTU\ (°Cd\ hours) = \sum(GDD \times \text{Day length})$$

$$HTU\ (°Cd\ hours) = \sum(GDD \times \text{Number of actual sunny hours})$$

مجموع واحدهای دمایی-رطوبتی (HYTU) از رابطه نوع و از حاصلضرب GDD در میانگین رطوبت نسبی بدست آمد (Ahmad, 2017).

$$HYTU\ (°Cd\ percent) = \sum(GDD \times \text{Average } \%RH)$$

شاخص‌های مربوط به کارایی مصرف انرژی شامل کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی-نوری (PTUE)، کارایی مصرف دمایی-آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف دمایی-رطوبتی (HYTUE) از تقسیم عملکرد دانه بر مجموع واحدها، با توجه به شاخص مربوطه، حاصل شد (Ahmad, 2017).

HUE (kg ha^{-1} °Cd^{-1}) = Grain yield / Accumulated heat units

PTUE (kg ha^{-1} °Cd^{-1}) = Grain yield / Accumulated PTU

HTUE (kg ha^{-1} °Cd^{-1}) = Grain yield / Accumulated HTU

HYTUE (kg ha^{-1} °Cd^{-1}) = Grain yield / Accumulated HYTU

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری (SAS Institute, Cary, SAS 9.3 NC, 2011) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال بر عملکرد زیستی، برخی از اجزای عملکرد (شامل وزن هزار دانه، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله) و ارتفاع بوته معنی‌دار بود (جدول ۵). تعداد سنبله در متر مربع در دو سال آزمایش با هم تفاوت معنی‌دار نداشتند اما وزن هزار دانه در سال اول بطور معنی‌داری بیشتر از سال دوم بود در حالی که در سال دوم تعداد دانه در سنبله بیشتر از سال اول بود (جدول ۶).

اثر تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، اجزای عملکرد (به استثنای تعداد دانه در سنبله) و ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت سوم (۱۰ آذر) بدست آمد. درصورتیکه وزن هزار دانه در سه تاریخ کاشت اول با هم تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶).

کاهش تعداد سنبله بارور و وزن هزار دانه در تاریخ کاشت‌های دیرهنگام به علت گرم بودن و خشکی هوا و کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه است (Kalateh-Arabi *et al.*, 2012; Andarzian *et al.*, 2015). بطوریکه در طول دوره پر شدن دانه حداقل، حداکثر و میانگین دما با توجه به ترتیب تاریخ کاشت افزایش یافت و از سوی دیگر رطوبت نسبی به ترتیب تاریخ کاشت کاهش یافت (جدول ۷). کاهش طول مرحله طویل شدن ساقه در تاریخ کاشت‌های دیرهنگام نیز از عوامل دیگری است که در ارتباط با کاهش تعداد سنبله بارور گزارش شده است (Slafer *et al.*, 2001) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (جدول ۸).

دماهای بالا اثر منفی روی عملکرد زیستی، عملکرد دانه و برخی اجزای عملکرد دارد (Farooq *et al.*, 2011). عملکرد بیولوژیک ارتباط مستقیمی با طول دوره رشد دارد و درجه دما مهمترین عامل تاثیرگذار در توسعه و رشد گیاهان در طول فصل رشد است (Liu *et al.*, 2016) به همین دلیل میزان عملکرد بیولوژیک به ترتیب تاریخ‌های کاشت کاهش یافت (جدول ۶) و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد زیستی و طول دوره رشد گندم مشاهده شد (جدول ۹).

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه، اجزای عملکرد و ارتفاع گیاه ارقام گندم نان در تاریخ کاشت‌های مختلف در دو فصل زراعی (۹۸-۱۳۹۶)

Table 5. Combined analysis of variance for grain yield, yield components and plant height in bread wheat cultivars in different sowing dates in two cropping seasons (2017-19)

S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df	عملکرد زیستی Biological yield	تعداد سنبله در متر مربع Spike m-2	تعداد دانه در سنبله Grain spike-1	وزن هزاردانه 1000 Grain weight	عملکرد دانه Grain yield	طول سنبله Spike length	ارتفاع گیاه Plant height
Year (Y)	سال	1	147582747.2*	688.9	364.8*	1368.9**	371236.6	85.56**	3607.2**
Error1	خطای ۱	6	18502545.4	381.6	53.7	14.1	258074.0	0.63	20.5
Sowing Date (SD)	تاریخ کاشت	4	79382125.0**	37736.4**	29.0	17.8*	15865039.3**	5.30**	493.1**
Y × SD	سال × تاریخ کاشت	4	16474148.6**	14505.0**	37.9	30.7**	742312.1*	0.91*	182.0**
Error 2	خطای ۲	24	3271568.5	588.1	33.2	5.2	184187.4	0.29	14.6
Cultivar (C)	رقم	3	4801711.9	9943.6**	1642.4**	547.5**	5114815.6**	29.88**	431.1**
SD × C	تاریخ کاشت × رقم	12	2989712.5	762.3	53.4	16.3**	122956.7	0.56	9.1
Y × C	سال × رقم	3	28358120.8**	2504.5*	70.1	50.9**	593408.9	5.27**	7.7
Y × SD × C	سال × تاریخ کاشت × رقم	12	1415979.3	798.9	54.1	8.2	36826.9	0.32	24.4*
Error 3	خطای ۳	90	2809705.0	672.3	30.9	5.9	256339.5	0.43	12.3
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات		11.4	7.6	14.5	5.6	9.8	6.8	3.6

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

*و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر فصل زراعی، تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد، اجزای عملکرد و ارتفاع گیاه چهار رقم گندم نان

Table 6. Mean comparison of effect of cropping season, sowing date and cultivar on grain yield, yield components and plant height of four bread wheat cultivars

	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg\ ha^{-1}$)	تعداد سنبله در متر مربع Spike m^{-2}	تعداد دانه در سنبله Grain $spike^{-1}$	وزن هزاردانه (گرم) 1000-Grain weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg\ ha^{-1}$)	طول سنبله (سانتیمتر) Spike length (cm)	ارتفاع گیاه (سانتیمتر) Plant height (cm)
			Cropping season فصل زراعی				
2017-2018	13789.6b	345.40a	36.91b	46.03a	5203.41a	8.89b	93.04b
2018-2019	15710.4a	341.25a	39.93a	40.18b	5107.08a	10.36a	102.54a
			Sowing date تاریخ کاشت				
SD1 (01 November)	16408.5a	376.063a	38.00a	43.84a	4586.2c	10.22a	103.00a
SD2 (16 November)	16051ab	336.78c	37.31a	43.31ab	5164.1b	9.73b	100.49a
SD3 (01 December)	14792.8bc	361.75ab	39.75a	43.71a	6157.9a	9.58b	96.81b
SD4 (16 December)	13945.5c	354.68b	38.99a	42.25b	5461.3b	9.49b	95.33bc
SD5 (31 December)	12552.2d	287.34d	38.06a	42.37b	4406.7c	9.10c	93.30c
			Cultivar رقم				
Ehsan احسان	14247.7a	336.23b	34.42b	47.35a	4888.7b	10.78a	100.62a
Tirgan تیرگان	14999.2a	361.00a	31.52b	45.02b	5356.5a	9.75b	96.24b
Meraj معراج	14959.4a	325.25b	44.24a	39.67c	4820.5b	8.79d	100.40a
Kalateh کلاته	14793.7a	350.83a	43.50a	40.35c	5555.3a	9.19c	93.90c

میانگین‌هایی، در هرستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند برا اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey test.

جدول ۷- شرایط دما و رطوبت نسبی در دوره پر شدن دانه در تاریخ کاشت‌های مختلف ارقام گندم نان

Table 7. Temperature and relative humidity conditions during grain filling period in different sowing dates of bread wheat cultivars

	میانگین حداقل درجه دما (سانتیگراد) Mean minimum temperature (°C)	میانگین حداکثر درجه دما (سانتیگراد) Mean maximum temperature (°C)	میانگین درجه دما (سانتیگراد) Mean temperature (°C)	میانگین حداقل رطوبت نسبی (٪) Mean minimum relative humidity (%)	میانگین حداکثر رطوبت نسبی (٪) Mean maximum relative humidity (%)	میانگین رطوبت نسبی (٪) Mean relative humidity (%)
			Sowing date تاریخ کاشت			
SD1 (01 November)	9.49e	20.32e	14.91e	62.27a	96.37a	79.32a
SD2 (16 November)	11.15d	23.04d	17.09d	56.54b	95.2b	75.87b
SD3 (01 December)	12..00c	24.75c	18.38c	52.28c	94.25c	73.26c
SD4 (16 December)	13.13b	26.81b	19.98b	47.46d	92.81d	70.13d
SD5 (31 December)	14.67a	28.87a	21.77a	45.41e	92.06e	68.74e
			Cultivar رقم			
Ehsan احسان	12.68a	25.67a	19.18a	51.18d	93.67d	72.43d
Tirgan تیرگان	11.95c	24.57c	18.26c	53.01b	94.24b	73.62b
Meraj معراج	12.13b	24.88b	18.50b	52.56c	94.07c	73.31c
Kalateh کلاته	11.60d	23.92d	17.76d	54.42a	94.58a	74.50a

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey test.

جدول ۸- مقایسه میانگین زمان مورد نیاز (روز) برای رسیدن به مراحل فنولوژیکی و دوره پر شدن دانه در تاریخ‌های کاشت مختلف ارقام گندم نان

Table 8. Mean comparison of the required time (day) to reach the phenological stages and grain filling period in different sowing dates of bread wheat cultivars

	سبز شدن Emergence (11)*	پنجه‌زنی Tillering (21)	طویل شدن ساقه Stem elongation (31)	آبستنی Booting (37)	ظهور سنبله Heading (55)	گلدهی Anthesis (65)	رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturity (90)	دوره پر شدن دانه Grain filling period (65-90)
				Sowing date تاریخ کاشت				
SD1 (01 November)	16.41c	38.25a	80.21a	102.62a	132.09a	140.18a	182.40a	42.21a
SD2 (16 November)	15.94d	35.65b	77.15b	100.25b	130.21b	137.81b	179.47b	41.65a
SD3 (01 December)	16.63bc	33.12c	70.75c	89.28c	121.09c	128.37c	170.75c	42.37a
SD4(16 December)	17.16a	29.84d	64.87d	83.21d	116.81d	122.34d	161.25d	38.90b
SD5(31 December)	16.91ab	27.90e	59.12e	74.25e	109.06e	114.56e	147.94e	33.37c
				Cultivar رقم				
Ehsan احسان	17.50a	35.2a	73.02a	92.77a	124.65a	132.07a	171.65a	39.57a
Tirgan تیرگان	16.38b	32.8b	70.20c	89.62c	121.22c	127.85c	167.67c	39.82a
Meraj معراج	16.70b	33.1b	71.02b	90.55b	122.17b	128.97b	168.72b	39.75a
Kalateh کلاته	15.85c	30.7c	67.45d	86.75d	119.37d	125.72d	165.40d	39.68a

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in commom are not significant different at the 5% probability level-using Tukey test.

*Zadoks growth scale.

* مقیاس رشد زادوکس.

جدول ۹-ضرایب همبستگی بین شاخص‌های زراعی-اقلیمی و برخی صفات زراعی در مرحله گلدهی (بالای قطر) و دوره پرشدن دانه (پایین قطر)

Table 9. Correlation coefficients between agro-climatic indices and some agronomic traits at anthesis (above diameter) and during grain filling period (below diameter).

صفت Trait	GY	BY	PLH	LODG	PPD	DHE	DMA	GFP	DL	GDD	PTU	HTU	HYTU	HUE	PTUE	HTUE	HYTUE
GY	1	0.11	0.06	-0.08	-0.09	-0.03	0.10	0.48*	-0.14	-0.28	-0.59*	-0.51*	-0.21	0.94**	0.98**	0.93**	0.94**
BY	0.11	1	0.50*	0.38	0.77**	0.87**	0.89**	0.84**	0.76**	0.77**	0.34	0.64*	0.78**	-0.18	0.01	-0.20	-0.19
PLH	0.06	0.50*	1	0.83**	0.51*	0.56*	0.57*	0.52*	0.53*	0.91**	0.34	0.43	0.54*	-0.12	-0.01	-0.12	-0.14
LOG	-0.08	0.38	0.83**	1	0.44	0.48*	0.46*	0.34	0.45*	0.48*	0.32	0.44	0.47*	-0.21	-0.12	-0.21	-0.23
PPD	-0.09	0.77**	0.51*	0.44	1	0.97**	0.94**	0.74**	0.99**	0.95**	0.77**	0.84**	0.97**	-0.41	-0.25	-0.41	-0.42
DHE	-0.03	0.87**	0.56*	0.48*	0.97**	1	0.99**	0.83**	0.97**	0.96**	0.66*	0.84**	0.98**	-0.37	-0.18	-0.37	-0.37
DMA	0.10	0.89**	0.57*	0.46*	0.94**	0.99**	1	0.90**	0.94**	0.91**	0.56*	0.75**	0.94**	-0.24	-0.04	-0.24	-0.24
GFP	0.48*	0.84**	0.52*	0.34	0.74**	0.83**	0.90**	1	0.73**	0.66*	0.21	0.42	0.71**	0.17	0.35	0.17	0.16
DL	0.62*	0.71**	0.45	0.24	0.66*	0.70**	0.80**	0.96**	1	0.97**	0.80**	0.87**	0.99**	-0.46	-0.30	-0.46	-0.47*
GDD	0.52*	-0.45*	-0.2	-0.34	-0.26	-0.40	-0.33	-0.08	0.2	1	0.82**	0.94**	0.99**	-0.59*	-0.43	-0.59*	-0.59*
PTU	0.43	-0.57*	-0.28	-0.39	-0.38	-0.53*	-0.47*	-0.24	0.03	0.99**	1	0.86**	0.80**	-0.79**	-0.73**	-0.78**	-0.79**
HTU	0.18	-0.77**	-0.41	-0.46*	-0.60**	-0.75**	-0.72**	-0.54*	-0.3	0.86**	0.93**	1	0.91**	-0.76**	-0.62*	-0.78**	-0.76**
HYTU	0.72**	0.17	0.17	-0.03	0.30	0.23	0.33	0.57*	0.77**	0.76**	0.65**	0.33	1	-0.53*	-0.36	-0.53*	-0.53*
HUE	0.79**	0.41	0.19	0.13	0.03	0.20	0.31	0.58*	0.55*	-0.11	-0.19	-0.37	0.28	1	0.98**	0.99**	0.99
PTUE	0.68*	0.55*	0.27	0.21	0.18	0.36	0.45*	0.66*	0.59*	-0.27	-0.37	-0.55*	0.20	0.98**	1	0.97**	0.98**
HTUE	0.36	0.75**	0.40	0.34	0.45*	0.64*	0.69**	0.75**	0.59*	-0.54*	-0.65*	-0.83**	0.05	0.80**	0.90**	1	0.99**
HYTUE	0.91**	0.02	-0.05	-0.12	-0.32	-0.21	-0.09	0.27	0.36	0.27	0.22	0.09	0.38	0.88**	0.77**	0.43	1

*و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

عملکرد دانه (GY)؛ عملکرد بیولوژیک (BY)؛ ارتفاع بوته (PLH)؛ خوابیدگی (LODG)؛ تناوب نوری (PPD)، روز تا سنبله‌دهی (DHE)؛ روز تا رسیدگی (DMA)؛ طول پر شدن دانه (GFP)؛ طول روز (DL)، درجه - روز رشد (GDD)، واحدهای دمایی-نوری (PTU)، واحدهای دمایی-آفتابی (HTU)، مجموع واحدهای دمایی-رطوبتی (HYTU)، کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی-آفتابی (HTUE)، کارایی مصرف دمایی-نوری (PTUE) و کارایی مصرف دمایی-رطوبتی (HYTUE)

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

GY: Grain yield; BY: Biological yield; PLH: Plant height; LODG: Lodging; PPD: Photoperiod; DHE: Days to heading; DMA: Days to maturity; GFP: Grain filling period; DL: Day length; GDD: Growing degree days; PTU: Photo-thermal unit; HTU: Helio-thermal unit; HYTU: Hydro-thermal unit; HUE: Heat use efficiency; PTUE: Photo-thermal use efficiency; HTUE: Helio-thermal use efficiency; HYTUE: Hydro-thermal use efficiency.

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که ارقام گندم برای عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارقام کلاته و تیرگان به ترتیب بیشترین عملکرد دانه را داشتند و عملکرد آن‌ها بطور معنی‌داری بیشتر از ارقام احسان و معراج بود. همچنین تعداد سنبله در متر مربع در ارقام تیرگان و کلاته بطور معنی‌داری بیشتر از ارقام احسان و معراج بود (جدول ۶). از آنجایی که ارقام کلاته و تیرگان زودرس‌تر بودند (جدول ۸) گلدهی در آن‌ها در دماهای ملایمی‌تری اتفاق افتاد (جدول ۷)، بنابراین بیشتر بودن پنجه‌های بارور و افرایش تعداد سنبله در متر مربع دور از انتظار نبود.

تغییر اقلیم و گرمتر شدن کره زمین باعث تغییر و تسریع در مراحل فنولوژی گیاهان و در نتیجه کاهش عملکرد گیاهان شده است (Asseng *et al*., 2015). توانایی کنترل طول دوره مراحل فنولوژیک برای سازگاری با شرایط محیطی خاص و تعیین راهبردهای به‌نژادی بر اساس آن‌ها بسیار مهم است (Semenov and Stratonovitch, 2013). در استان گلستان دوره پر شدن دانه در فروردین و اردیبهشت اتفاق می‌افتد. مقایسه پارامترهای (فراسنجه‌های) اقلیمی دو ساله آزمایش و آمارهای بلند مدت هواشناسی نشان می‌دهد که در فروردین میانگین حداقل، میانگین حداکثر و میانگین درجه دما هوا به ترتیب ۱، ۰/۶ و ۰/۹ درجه سانتیگراد افرایش یافت (جدول ۱۰). در اردیبهشت نیز افزایش پارامترهای مذکور به ترتیب ۰/۲، ۲ و ۱/۱ درجه سانتیگراد بود. همچنین میانگین حداقل، میانگین حداکثر و میانگین رطوبت نسبی در فروردین افزایش و در اردیبهشت کاهش نشان داد (جدول ۱۰). افزایش یک درجه سانتیگراد دما در جهان موجب کاهش ۶/۴-۴/۱ درصد عملکرد گندم شده است (Liu *et al*., 2014).

از مرحله پنجه زنی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به ترتیب بیشترین و کمترین طول دوره فنولوژیک مربوط به تاریخ کاشت اول و تاریخ کاشت پنجم بود. دو ماه تفاوت بین در تاریخ کاشت اول و پنجم منجر به کاهش دوره‌های فنولوژیکی گیاه در مراحل مختلف شد. بطوریکه پنجه زنی ۱۰/۳۵ روز، ساقه دهی ۲۱/۰۹ ، آبستنی ۲۸/۳۷ روز، ظهور سنبله ۲۳/۰۳ روز، گلدهی ۲۵/۶۲ روز و رسیدگی فیزیولوژیک ۳۴/۴۶ روز کاهش یافت (جدول ۸).

کاهش طول دوره رشد به دلیل وجود درجه دماهای بالا در تاریخ کاشت‌های تأخیری است (Asseng *et al*., 2015). تفاوت در مراحل فنولوژی به دلیل تنوع در پارامترهای اقلیمی در تاریخ‌های کاشت متفاوت است (Aslam *et al*., 2017). کاهش تعداد روز تا رسیدگی و سایر مراحل فنولوژیک گندم به علت رابطه مستقیم با دماهای بالاتر در مطالعات متعددی گزارش شده است

جدول ۱۰- میانگین پارامترهای اقلیمی طی دو سال آزمایش با میانگین بلند مدت در فروردین و اردیبهشت

Table 10. Mean of climatic parameters during two years of this experiment with long-term average in March21-April 20 and April 21-May 21

Parameter پارامتر	میانگین این آزمایش (دو سال) Average of this experiment (2 years)		میانگین بلند مدت (۳۴ سال) * Long-term average (34 years)	
	فروردین Mar21-Apr20	اردیبهشت Apr21- May21	فروردین Mar21-Apr20	اردیبهشت Apr21- May21
میانگین حداقل درجه دما (سانتیگراد) Mean minimum temperature (°C)	09.8	14.0	08.8	13.8
میانگین حداکثر درجه دما (سانتیگراد) Average maximum temperature (°C)	20.3	27.0	19.7	25.0
میانگین درجه دما (سانتیگراد) Mean temperature (°C)	15.1	20.5	14.2	19.4
میانگین حداقل رطوبت نسبی (٪) Mean minimum relative humidity (%)	63.8	46.5	57.3	52.9
میانگین حداکثررطوبت نسبی (٪) Mean maximum relative humidity (%)	94.8	86.9	91.1	89.5
میانگین رطوبت نسبی (٪) Mean relative humidity (%)	79.3	66.7	74.2	71.2
Precipitation (mm) بارندگی (میلیمتر)	55.1	37.4	50.6	43.3
Evaporation (mm) تبخیر (میلیمتر)	71.0	132.7	85.1	124.6

*اطلاعات مربوط به ایستگاه هواشناسی هاشم اباد گرگان از بدو تاسیس آن در سال ۱۳۶۳ می باشد.

*Information is for Hashemabad Meteorological station since its inception in 1984.

(Salazar-Gutierrez *et al*., 2013; Andarzian *et al*., 2015; Aslam *et al*., 2017). بنابراین کاهش عملکرد به دلیل تغییرات درجه دما در تاریخ کاشت‌های تأخیری به واسطه کاهش طول مراحل نمو در گندم قابل انتظار است (Sharifi 2016). تنظیم تاریخ کاشت برای به حداقل رساندن اثر تنش خشکی و گرما انتهایی راهکار بسیار موثر در حفظ عملکرد است (Wang *et al*., 2015). کنترل فنولوژی گیاه از طریق تاریخ کاشت به منظور فراهم کردن شرایط بهینه در دوره پر شدن دانه و تسهیم مناسب مواد پرورده بسیار حائز اهمیت است (Reynolds *et al*., 2012).

نتایج نشان داد که سه تاریخ کاشت اوّل، دوم و سوم از نظر طول دوره پر شدن دانه در ارقام گندم با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. بنابراین با وجود تفاوت یک ماهه بین تاریخ کاشت اوّل و سوم، طول دوره پر شدن دانه تحت تاثیر قرار نگرفت، در حالی که در دو تاریخ کاشت چهارم و پنجم بدلیل افزایش دما و کاهش رطوبت طول دوره پر شدن دانه بطور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۷ و ۸).

کوچکی و همکاران

(Koocheki *et al*., 2001) نشان دادند که تغییر اقلیم از طریق افزایش درجه دما باعث ۲۶ روز کاهش در طول دوره رشد گندم در شرایط مشهد شد و کاهش طول دوره رشد گندم عمدتاً ناشی از کاهش طول دوره کاشت تا گلدهی بوده و مرحله پر شدن دانه کمتر تحت تأثیر تغییر اقلیم و شرایط آب و هوایی قرار می‌گیرد. در پژوهش حاضر نیز در کلیه تاریخ‌های کاشت از نظر طول دوره از کاشت تا گلدهی با هم تفاوت معنی‌داری داشتند در حالی که همانطور که گفته شد سه تاریخ کاشت اول از نظر طول دوره پر شدن دانه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۸).

گیاهان زراعی برای رشد و نمو و رسیدن به هر یک از مراحل فنولوژی باید مقدار معینی گرما دریافت کنند (Ahmad, 2017). توانایی پیش‌بینی مراحل فنولوژی باعث کنترل و مدیریت بهتر آفات، علف‌های هرز و انتخاب راهبردهای مناسب به‌نژادی خواهد شد (Mkhabela *et al*., 2016). جلال کمالی و همکاران (Jalal Kamali *et al*., 2007) و جلال کمالی و شریفی (Jalal Kamali and Sharifi, 2010) با مطالعه ارقام تجاری و لاین های امید بخش (زمستانه، بینابین و بهاره) گندم نان ایران در شرایط آب و هوایی کرج گزارش کردند که طول دوره و سهم هر یک از مراحل نمو و چرخه زندگی تیپ‌ها و ارقام و لاین های مختلف گندم نان ایرانی متفاوت است. آنها گزارش کردندکه اثر طول مراحل مختلف نمو بر عملکرد دانه یکسان نبود و این متغیر همبستگی معنی داری(مثبت و منفی) با عملکرد و اجزای عملکرد دانه داشت.

از نظر مجموع درجه - روز رشد (GDD) از مرحله سبز شدن تا مرحله گلدهی، تاریخ کاشت اول بطور معنی‌داری بالاترین مقدار را داشت و پس از آن در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بیشترین مجموع درجه - روز رشد (GDD) در تاریخ کاشت دوم مشاهد شد. برای دوره پر شدن دانه نیز بیشترین مجموع درجه - روز رشد (GDD) در تاریخ کاشت‌های سوم و چهارم محاسبه شد که بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تاریخ‌های کاشت بود (جدول ۱۱).

در دوره پر شدن دانه، بین مجموع درجه - روز رشد (GDD) با عملکرد دانه ارقام مختلف همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۹). این درحالی بود که در مرحله گلدهی همبستگی معنی‌داری بین مجموع درجه - روز رشد (GDD) با عملکرد دانه مشاهده نشد (جدول ۹). همچنین در مرحله گلدهی همبستگی بالای مجموع درجه - روز رشد (GDD) با عملکرد زیستی و ارتفاع گیاه، باعث خوابیدگی شدید در گیاهان بخصوص در دو تاریخ کاشت اوّل و دوم شد (جدول ۹). رقم کلاته با توجه به مجموع درجه - روز رشد (GDD) دریافتی کمتر و ارتفاع گیاه کوتاهتر آن، در سه تاریخ کاشت اوّل، دوم و سوم دارای درصد خوابیدگی کمتری نسبت به سایر ارقام بود و در دو تاریخ چهارم و پنجم هم دچار

جدول ۱۱- مقایسه میانگین شاخص‌های زراعی- اقلیمی در مراحل فنولوژیکی و دوره پر شدن دانه در تاریخ‌های کاشت مختلف ارقام گندم نان

Table 11. Mean comparison of the agro-climatic indices at phenological stages and grain filling period in different sowing dates of bread wheat cultivars

Index شاخص		سبز شدن Emergence (11) *	پنجه‌دهی Tillering (21)	طویل شدن ساقه Stem elongation (31)	آبستنی Booting (37)	ظهور سنبله Heading (55)	گلدهی Anthesis (65)	رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturity (90)	دوره پر شدن دانه Grain filling period (65-90)
	Sowing date تاریخ کاشت								
طول روز (ساعت) DL (h)	SD1 (01 November)	170.56a	386.75a	795.52a	1027.60a	1359.81a	1286.46b	2004.68b	547.66c
	SD2 (16 November)	159.15c	350.32b	760.94b	1009.71b	1362.36a	1298.21a	2017.22a	559.86b
	SD3 (01 December)	161.51c	320.84c	701.52c	905.11c	1285.91b	1217.13c	1955.53c	576.89a
	SD4 (16 December)	165.65b	290.04d	655.18d	863.01d	1277.03c	1183.94d	1888.50d	538.90d
	SD5 (31 December)	165.89b	277.04e	613.79e	789.40e	1228.39d	1136.04e	1768.16e	466.23e
	Cultivar رقم								
	Ehsan احسان	173.33a	347.18a	733.34a	951.42a	1337.97a	1259.65a	1973.35a	540.37a
	Tirgan تیرگان	162.28c	323.41c	702.90c	915.48c	1294.73c	1216.20c	1917.58c	539.10a
	Meraj معراج	165.46b	326.45b	711.82b	926.06b	1306.62b	1227.40b	1931.73b	538.86a
	Kalateh کلاته	157.14d	302.95d	673.50d	882.91d	1271.47d	1194.17d	1884.61d	533.31a
	Sowing date تاریخ کاشت								
درجه - روز رشد(^{0}Cd) GDD (°Cd)	SD1 (01 November)	245.88a	500.66a	881.35a	1074.55a	1380.75a	1479.06a	2109.36b	630.30c
	SD2 (16 November)	196.75b	397.74b	757.03b	958.34b	1324.56b	1433.83b	2149.39a	715.57b
	SD3 (01 December)	167.30c	326.91c	643.84c	809.97c	1221.03c	1329.40c	2105.24b	775.84a
	SD4 (16 December)	162.87d	260.80d	569.50d	762.36d	1220.80c	1307.93d	2081.55c	773.62a
	SD5 (31 December)	133.89e	226.48e	522.40e	691.95e	1184.89d	1268.26e	1981.15d	712.89b
	Cultivar رقم								
	Ehsan احسان	190.46a	362.86a	699.93a	889.65a	1307.20a	1411.61a	2160.78a	749.16a
	Tirgan تیرگان	179.21c	340.66b	672.27c	855.64c	1257.48c	1352.52c	2070.53c	718.01b
	Meraj معراج	182.45b	343.12b	680.72b	866.30b	1270.86b	1368.09b	2092.79b	724.69b
	Kalateh کلاته	173.69d	323.43c	646.37d	826.15d	1230.09d	1322.53d	2017.25d	694.72c
	Sowing date تاریخ کاشت								
واحدهای دمایی-نوری (درجه روز ساعت) PTU (°Cd hours)	SD1 (01 November)	2557.70a	5083.7a	8789.68a	10791.03a	14259.53a	15440.49a	23632.72e	8192.24d
	SD2 (16 November)	1967.68b	3916.9b	7470.26b	9639.99b	13962.13b	15328.83b	24984.07c	9655.25c
	SD3 (01 December)	1630.98c	3166.9c	6376.16c	8203.79c	13135.85d	14516.36d	25141.69b	10625.33a
	SD4 (16 December)	1572.41d	2532.4d	5752.00d	7946.92d	13613.89c	14756.49c	25526.76a	10770.27a
	SD5 (31 December)	1313.57e	2247.2e	5449.47e	7424.07e	13650.03c	14766.62c	24760.11d	9993.50b
	Cultivar رقم								
	Ehsan احسان	1897.35a	3589.88a	7039.51a	9147.32a	14240.80a	15581.22a	25882.45a	10301.23a
	Tirgan تیرگان	1786.44c	3370.68b	6738.90c	8756.66c	13610.79c	14817.62c	24598.58c	9780.95b
	Meraj معراج	1818.18b	3395.52b	6830.77b	8879.56b	13778.88b	15016.93b	24913.95b	9897.02b
	Kalateh کلاته	1731.90d	3201.72c	6460.88d	8421.11d	13266.67d	14431.25d	23841.31d	9410.05c
	Sowing date تاریخ کاشت								
واحدهای دمایی-آفتابی (درجه روز ساعت) HTU (°Cd hours)	SD1 (01 November)	1230.44a	2415.30a	4177.60a	5073.25a	6413.61a	6882.34a	10154.14e	3271.80e
	SD2 (16 November)	1074.76b	1961.45b	3555.71b	4295.04b	6112.52b	6621.67b	10848.56d	4226.89d
	SD3 (01 December)	743.01c	1290.17c	2819.87c	3389.06c	5449.34c	5887.52d	10939.21c	5051.69c
	SD4 (16 December)	610.52d	1066.14d	2376.35d	3175.58d	5485.14c	5899.41d	11558.94a	5659.53a
	SD5 (31 December)	601.43d	1072.78d	2205.67e	3066.62e	5386.24d	5981.62c	11352.23b	5370.61b
	Cultivar رقم								
	Ehsan احسان	892.50a	1666.15a	3142.65a	3939.07a	5984.09a	6484.45a	11566.32a	5081.87a
	Tirgan تیرگان	843.41b	1548.01b	3016.32c	3772.99c	5722.61c	6189.17c	10863.68c	4674.52c
	Meraj معراج	852.93b	1559.29b	3058.89b	3837.04b	5796.4b	6282.34b	11041.28b	4758.94b
	Kalateh کلاته	819.28c	1471.21c	2890.30d	3650.56d	5574.39d	6062.09d	10411.18d	4349.09d

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in commom are not significant different at the 5% probability level-using Tukey test.

* Zadoks growth scale.

* شاخص رشد زادوکس.

DL: Day length, GDD: Grpwomg degree days, PTU: Photo-thermal unit, HTU: Helio-thermal unit.

Table 11. Continued

جدول ۱۱- ادامه

Index	شاخص		سبز شدن Emergence (11)*	پنجهزنی Tillering (21)	طویل شدن ساقه Stem elongation (31)	آبستنی Booting (37)	ظهور سنبله Heading (55)	گلدهی Anthesis (65)	رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturity (90)	دوره پر شدن دانه Grain filling period (65-90)
						Sowing date تاریخ کاشت				
		SD1 (01 November)	18798.10a	38751.8a	69647.20a	85152.7a	109282.7a	116966.2a	166343.8b	49377.5c
		SD2 (16 November)	14860.30b	31342.7b	60429.70b	77130.7b	105254.2b	114195.9b	167432.8a	53236.9b
		SD3 (01 December)	13777.10c	26958.8c	52409.80c	66259.3c	98116.7c	107179.1c	163046.0c	55867.0a
	واحدهای دمایی-رطوبتی	SD4 (16 December)	13422.20d	21553.5d	46539.30d	61768.0d	98030.1c	104945.6d	158241.0d	53295.3b
	(درجه روز درصد)	SD5 (31 December)	11191.20d	18316.4e	42575.40e	55575.1e	95014.2d	101030.8e	149326.3e	48295.5d
						Cultivar رقم				
HYTU (°Cd percent)		Ehsan احسان	15135.5a	29021.4a	56309.3a	71583.9a	104350.1a	112601.4a	165837.3a	53235.9a
		Tirgan تیرگان	14227.2c	27254.1b	54106.6c	68885.8c	100421.1c	108026.9c	159886.6c	51859.6b
		Meraj معراج	14497.4b	27447.8b	54779.2b	69702.8b	101475.6b	109218.4b	161351.7b	52133.3b
		Kalateh کلاته	13779.0d	25815.3c	52086.1d	66536.2d	98311.6d	105607.3d	156436.3d	50829.0c
						Sowing date تاریخ کاشت				
		SD1 (01 November)	18.88c	9.20e	5.21d	4.27e	3.3d5	3.10d	2.17d	7.34b
		SD2 (16 November)	26.44b	13.04d	6.83c	5.39d	3.90c	3.60c	2.40c	7.23b
		SD3 (01 December)	36.96a	18.89c	9.59a	7.63a	5.07a	4.66a	2.93a	7.96a
	کارایی مصرف دما	SD4 (16 December)	36.07a	21.65a	9.71a	7.28b	4.48b	4.18b	2.62b	7.11b
						Cultivar رقم				
	(کیلوگرم در هکتار بر درجه روز)	SD5(31 December)	36.90a	20.14b	8.64b	6.46c	3.74c	3.49c	2.22d	6.35c
HUE (kg ha^{-1} °Cd^{-1})		Ehsan احسان	27.72c	14.78c	7.29c	5.66c	3.76c	3.48c	2.26c	6.55c
		Tirgan تیرگان	32.60b	17.30b	8.32b	6.45b	4.28b	3.98b	2.58b	7.51b
		Meraj معراج	28.52c	15.36c	7.37c	5.73c	3.81c	3.54c	2.30c	6.69c
		Kalateh کلاته	35.37a	18.88a	9.01a	6.98a	4.55a	4.22a	2.75a	8.03a
						Sowing date تاریخ کاشت				
		SD1 (01 November)	1.81c	0.90d	0.52d	0.42e	0.32d	0.29d	0.19c	0.56a
		SD2 (16 November)	2.64b	1.32c	0.69c	0.53d	0.37c	0.33c	0.20b	0.53b
		SD3 (01 December)	3.80a	1.95b	0.96a	0.75a	0.47a	0.42a	0.25a	0.58a
	کارایی مصرف دمایی-نوری	SD4 (16 December)	3.74a	2.23a	0.96a	0.70b	0.40b	0.37b	0.21b	0.51c
	(کیلوگرم در هکتار بر درجه روز)	SD5 (31 December)	3.77a	2.03b	0.83b	0.60c	0.32d	0.30d	0.17d	0.45d
						Cultivar رقم				
PTUE (kg ha^{-1} °Cd^{-1})		Ehsan احسان	2.82c	1.50c	0.72c	0.54c	0.34c	0.31c	0.18c	0.48c
		Tirgan تیرگان	3.31b	1.76b	0.82b	0.62b	0.39b	0.36b	0.21b	0.55b
		Meraj معراج	2.90c	1.56c	0.73c	0.55c	0.35c	0.32c	0.19c	0.49c
		Kalateh کلاته	3.59a	1.92a	0.90a	0.68a	0.42a	0.39a	0.23a	0.59a
						Sowing date تاریخ کاشت				
		SD1 (01 November)	3.76e	1.93e	1.10e	0.90e	0.71d	0.67d	0.45c	1.43a
		SD2 (16 November)	4.96d	2.65d	1.45d	1.20d	0.84c	0.78c	0.47b	1.23b
		SD3 (01 December)	8.38b	4.79b	2.19b	1.85a	1.16a	1.07a	0.57a	1.24b
	کارایی مصرف دمایی-آفتابی	SD4 (16 December)	9.63a	5.32a	2.30a	1.72b	1.01b	0.93b	0.47b	0.97c
	(کیلوگرم در هکتار بر درجه روز)	SD5 (31 December)	7.90c	4.18c	2.01c	1.44c	0.84c	0.77c	0.39d	0.83d
						Cultivar رقم				
HTUE (kg ha^{-1} °Cd^{-1})		Ehsan احسان	6.27c	3.31c	1.65c	1.29c	0.83c	0.77c	0.42c	0.99d
		Tirgan تیرگان	7.26b	3.95b	1.88b	1.49b	0.95b	0.88b	0.49b	1.20b
		Meraj معراج	6.37c	3.47c	1.67c	1.31c	0.85c	0.79c	0.44c	1.05c
		Kalateh کلاته	7.86a	4.36a	2.05a	1.60a	1.02a	0.94a	0.54a	1.34a

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in commom are not significant different at the 5% probability level-using Tukey test.

* Zadoks growth scale.

* شاخص رشد زادوکس.

HYTU: Hydro-thermal unit, HUE: Heat use efficiency, PTUE: Photo-thermal use efficiency, HTUE: Helio-thermal use efficieney.

Table 11. Continued

جدول ۱۱- ادامه

Index شاخص		سبز شدن Emergence (11)*	پنجه‌زنی Tillering (21)	طویل شدن ساقه Stem elongation (31)	آبستنی Booting (37)	ظهور سنبله Heading (55)	گلدهی Anthesis (65)	رسیدگی فیزیولوژیکی Physiological maturity (90)	دوره پر شدن دانه Grain filling period (65-90)
					Sowing date تاریخ کاشت				
کارایی مصرف دمایی-رطوبتی (کیلوگرم بر هکتار بر درجه روز) HYTUE (kg ha^{-1} °Cd^{-1})	SD1 (01 November)	0.248c	0.118e	0.065d	0.053d	0.042a	0.039d	0.027d	0.093c
	SD2 (16 November)	0.349b	0.165d	0.085c	0.067c	0.049c	0.045c	0.030c	0.097c
	SD3 (01 December)	0.450a	0.229c	0.117a	0.093a	0.063a	0.057a	0.037a	0.110a
	SD4 (16 December)	0.437a	0.261a	0.119a	0.089a	0.055b	0.052b	0.034b	0.102b
	SD5 (31 December)	0.443a	0.250b	0.106b	0.080b	0.046d	0.043c	0.029c	0.093c
					Cultivar رقم				
	Ehsan احسان	0.344c	0.183c	0.090c	0.070c	0.047c	0.043c	0.029c	0.091c
	Tirgan تیرگان	0.405b	0.213b	0.103b	0.080b	0.053b	0.049b	0.033b	0.103b
	Meraj معراج	0.354c	0.190c	0.091c	0.071c	0.047c	0.044c	0.029c	0.092c
	Kalateh کلاته	0.439a	0.23a	0.111a	0.086a	0.056a	0.052a	0.035a	0.109a

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in commom are not significant different at the 5% probability level-using Tukey test.

* Zadoks growth scale.

* شاخص رشد زادوکس.

HYTUEL Hydro-thermal use efficiency.

خوابیدگی نشد. درحالی که رقم احسان با توجه به دریافت درجه- روز رشد (GDD) بیشتر و ارتفاع گیاه بلندتر در کلیه تاریخ کاشت ها دارای خوابیدگی بیشتری نسبت به سایر ارقام بود (جدول ۶).

با توجه به نتایج این پژوهش می توان گفت تاریخ کاشت سوم شرایط بهینه‌ای برای مقدار درجه –روز رشد (GDD) دریافتی، ارتفاع گیاه و عملکرد دانه ارقام مختلف فراهم کرد. در مطالعه کلاته عربی و همکاران (Kalateh-Arabi *et al*., 2011) نیز با بررسی چهار تاریخ کاشت برای دو رقم مربوط به اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور (مغان ۳ و آرتا) مشخص شد که تاریخ کاشت‌های ۱۰ و ۳۰ آذر بیشترین مقدار درجه- روز رشد (GDD) را در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و دوره پر شدن دانه دریافت کردند. با مطالعه ارقام اقلیم گرم و مرطوب شمال (زاگرس- دیم و تجن-آبی) در کنار سایر ارقام گندم تجاری نان ایران از اقلیم‌های دیگر شامل اقلیم‌های سرد و معتدل سرد، معتدل و گرم و خشک جنوب، مشخص شد که ارقام اقلیم گرم و مرطوب شمال درجه- روز رشد (GDD) کمتری داشتند (Jalal Kamali *et al*., 2007; Jalal Kamali and Sharifi, 2010).

در شرایط بهینه که احتمال وقوع تنش‌های زیستی و غیر زیستی وجود ندارد و گیاه دچار خوابیدگی نمی‌شود، مراحل فنولوژیکی طولانی‌تر از قبیل تعداد روزهای بیشتر تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک باعث تولید عملکرد دانه بیشتری می‌شوند (Camargo *et al*., 2016). از نظر مجموع طول روز (DL) از مرحله سبز شدن تا مرحله آبستنی تاریخ کاشت اول بیشترین طول روز را داشت و پس از آن در مراحل ظهور سنبله، گلدهی و رسیدگی بیشترین مجموع طول روز مربوط به تاریخ کاشت دوم بود (جدول ۱۱). نکته قابل توجه این بود که در طول دوره پر شدن دانه در تاریخ کاشت سوم مجموع طول روز (DL) بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تاریخ‌های کاشت بود (جدول ۱۱).

در دوره پر شدن دانه‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مجموع طول روز (DL) با عملکرد دانه در ارقام مختلف مشاهده شد (جدول ۹)، در حالی که همبستگی معنی‌داری بین مجموع طول روز (DL) تا مرحله گلدهی با عملکرد دانه دیده نشد. در طی کلیه مراحل فنولوژیکی بیشترین مجموع طول روز (DL) به ترتیب برای ارقام احسان، معراج، تیرگان و کلاته مشاهده شد، در حالی که در دوره پر شدن دانه بین ارقام تفاوتی معنی‌داری از نظر مجموع طول روز وجود نداشت (جدول ۱۱).

دو تاریخ کاشت اول از نظر تناوب نوری با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند و تناوب نوری بیشتری را به خود اختصاص دادند و در مقابل، تاریخ کاشت پنجم کمترین مقدار تناوب نوری را داشت (شکل ۱). در بین ارقام مورد مطالعه بیشترین و کمترین مقادیر تناوب نوری به ترتیب

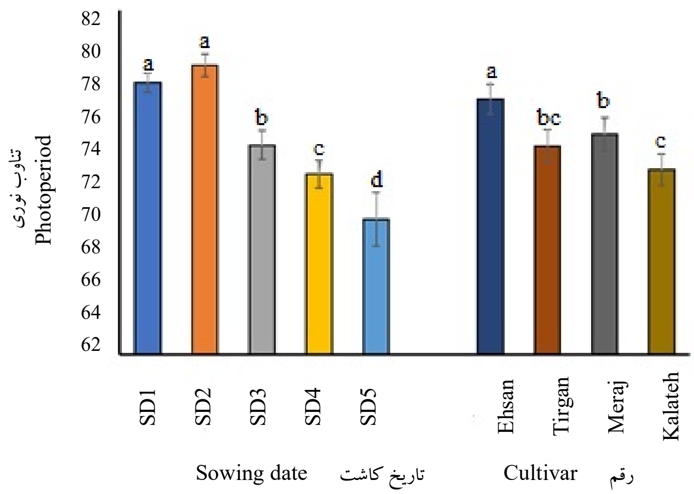
مربوط به ارقام احسان و کلاته بود (شکل ۱). بررسی همبستگی بین صفات نشان داد که همبستگی بالایی بین تناوب نوری و تعداد روز تا گلدهی در ارقام مختلف وجود داشت (جدول ۹). گرچه بین تناوب نوری با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری در هیچ یک از ارقام مشاهده نشد ولی همبستگی بین تناوب نوری و عملکرد زیستی مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۹).

در گندم دوره بین سبز شدن تا شروع گلدهی علاوه بر دما تحت تاثیر طول روز نیز قرار می‌گیرد (Asalm, 2017). به عبارت دیگر گلدهی گندم حساس به تناوب نوری و طولروز است (Zhang *et al*., 2015). واکنش نموی گیاهان حساس به تناوب نوری در طول روز معینی آغاز می‌شود و در طول روز معینی به حداکثر رسیده و سبب تسریع رشد گیاهان روز بلند مانند گندم می‌شود (Pérez-Gianmarco *et al*., 2018).

از آنجا که ورود و گذر از هر مرحله فنولوژیک به دلیل تاثیر دما و طول دوره نوری صورت می‌گیرد، نیاز است که مجموع واحدهای دمایی-نوری (PTU) و مجموع واحدهای دمایی-آفتابی (HTU) نیز برای پیش‌بینی مراحل دقیق بلوغ و گلدهی بکار برده شوند (Singh and Singh, 2014). بطور کلی PTU حاصلضرب درجه- روز رشد (GDD) در ساعات آفتابی بالقوه و HTU حاصلضرب درجه- روز رشد (GDD) در ساعات آفتابی واقعی می‌باشد (Ahmad, 2017).

بیشترین مجموع واحدهای دمایی-نوری (PTU) از مرحله سبز شدن تا مرحله گلدهی در تاریخ کاشت اول مشاهده شد و پس از آن در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک تاریخ کاشت چهارم بیشترین مقادیر مجموع واحدهای دمایی-نوری (PTU) را داشت. در طول دوره پر شدن دانه بیشترین مقادیر مجموع واحدهای دمایی-نوری (PTU) مربوط به تاریخ کاشت سوم بود (جدول ۱۱). بنابراین تاریخ کاشت سوم شرایط بهینه را از نظر دما و طول روز در طول دوره پر شدن دانه برای ارقام فراهم کرد. دریافت مجموع واحدهای دمایی-نوری (PTU) بیشتر در تاریخ کاشت‌های زودهنگام در مقایسه با تاریخ کاشت‌های دیر هنگام و تاخیری گزارش شده است (Singh and Singh, 2014). در دوره پر شدن دانه مجموع واحدهای دمایی-نوری (PTU) و عملکرد دانه در ارقام مختلف، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۹).

نتایج نشان داد که از مرحله سبز شدن تا گلدهی تاریخ کاشت اول مجموع واحدهای دمایی-آفتابی (HTU) بیشتری دریافت کرد. در مرحله رسیدگی و دوره پرشدن دانه تاریخ کاشت چهارم و پنجم حداکثر مجموع واحدهای دمایی-آفتابی (HTU) را داشتند درحالی که تاریخ کاشت اوّل و دوم کمترین مقدار را داشتند (جدول ۱۱). بر این اساس می‌توان گفت که تاریخ کاشت زودهنگام باعث



شکل ۱- تناوب نوری در تاریخ‌های کاشت مختلف و ارقام گندم نان

Fig. 1. Photoperiod in different sowing dates and bread wheat cultivars

میانگین‌هایی، برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.
تاریخ کاشت اول (۱۰ آبان)، تاریخ کاشت دوم (۲۵ آبان)، تاریخ کاشت سوم (۱۰ آذر)، تاریخ کاشت چهارم (۲۵ آذر) و تاریخ کاشت پنجم (۱۰ دی).

Means, for each factor, followed by at least one letter in commom are not significanly different at the 5% probability level-using Tukey test.
SD1 (01 November), SD2 (16November), SD3 (01 December), SD4 (16 December) and SD5 (31 December).

شد دوره پر شدن دانه با کاهش مجموع واحدهای دمایی-آفتابی (HTU) مواجه شود و همین عامل باعث کاهش عملکرد در دو تاریخ کاشت اول شد (جدول‌های ۶ و ۹). از طرفی افزایش مجموع واحدهای دمایی-آفتابی (HTU) در تاریخ کاشت‌های چهارم و پنجم با وجود کاهش معنی‌دار طول دوره پر شدن دانه به دلیل همپوشانی دماهای بالا و حداکثر ساعات آفتابی در طول دوره پر شدن دانه بود. کاهش HTU در مراحل مختلف فنولوژیکی گندم در اثر تاخیر در کاشت توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Amrawat *et al.*, 2013).

مجموع واحدهای دمایی-رطوبتی (HYTU) دریافتی در گیاهان تا مرحله گلدهی به ترتیب تاریخ کاشت ارقام بود ولی پس از آن در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تاریخ کاشت دوم و در دوره پرشدن دانه، تاریخ کاشت سوم مجموع واحدهای دمایی-رطوبتی (HYTU) بیشتری دریافت کردند (جدول ۱۱). از آنجایی که در طول دوره پر شدن دانه، حداقل، حداکثر و میانگین رطوبت نسبی به ترتیب تاریخ کاشت کاهش یافت (جدول ۷) حداکثر مجموع واحدهای دمایی-رطوبتی (HYTU) در تاریخ کاشت سوم نشان از شرایط بهینه استفاده از رطوبت و دما در طول دوره پر شدن دانه دارد

که نقشی تعیین کننده در عملکرد دانه نهایی داشت (Gudadhe *et al.*, 2013). در همین راستا همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مجموع واحدهای دمایی-رطوبتی (HYTU) با عملکرد دانه در ارقام مختلف در دوره پر شدن دانه وجود داشت (جدول ۹).

نتایج این پژوهش نشان داد که در همه مراحل فنولوژیک مورد بررسی و همچنین در دوره پرشدن دانه، بیشترین شاخص‌های زراعی-اقلیمی شامل مجموع درجه - روز رشد (GDD)، مجموع واحد دمایی-نوری (PTU)، مجموع واحد دمایی-آفتابی (HTU) و مجموع واحد دمایی-رطوبتی (HYTU) به ترتیب در ارقام احسان، معراج، تیرگان و کلاته مشاهده شد (جدول ۱۱). مجموع واحدهای شاخص‌های مذکور با طول دوره رشد ارقام ارتباط مستقیمی داشت، بطوریکه همبستگی مثبت و معنی‌داری بین آن‌ها و تعداد روز تا مرحله گلدهی مشاهده شد (جدول ۹).

مقادیر بیشتر مجموع شاخص‌های زراعی-اقلیمی برای رقم احسان و مقادیر کمتر رقم کلاته به ترتیب ناشی از تفاوت در زودرسی آن‌ها بود (جدول ۸). بطوریکه طول دوره کاشت تا گلدهی رقم احسان در تاریخ کاشت اول ۷/۴ روز، در تاریخ کاشت دوم ۶ روز، در تاریخ کاشت سوم ۵/۸ روز، در تاریخ کاشت چهارم ۵/۹ روز و در تاریخ کاشت پنجم ۶/۸ روز طولانی‌تر از رقم کلاته بود (داده‌ها ارائه داده نشده‌اند). با در نظر گرفتن این نکته که دو رقم احسان و کلاته در هر یک از تاریخ‌های کاشت با هم تفاوت معنی‌داری از نظر طول دوره پر شدن دانه نداشتند، علت کاهش مجموع شاخص‌های زراعی-اقلیمی در دوره پر شدن دانه در رقم کلاته نسبت به رقم احسان این است که رقم کلاته به علت زودرسی، دوره پر شدن دانه را در شرایط آب و هوایی ملایمی طی کرد، بطوریکه حداقل، حداکثر و میانگین دما در طول پرشدن دانه در رقم کلاته کمتر از احسان بود و از طرف دیگر در همین دوره رطوبت نسبی برای رقم کلاته بیشتر از رقم احسان بود (جدول ۷).

نتایج شاخص‌های مربوط به کارایی مصرف انرژی شامل کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی-نوری (PTUE)، کارایی مصرف دمایی-آفتابی (HTUE) و کارایی مصرف دمایی-رطوبتی (HYTUE) نشان داد که کارایی مصرف انرژی در مراحل آبستنی، ظهور سنبله، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ کاشت سوم بطور معنی‌داری بیشتر از سایر تاریخ‌های کاشت بود (جدول۱۱). در دوره پر شدن دانه نیز بیشترین کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی-نوری (PTUE)، و کارایی مصرف دمایی-رطوبتی (HYTUE) در تاریخ کاشت سوم مشاهده شد (جدول ۱۱). بیشترین کارایی مصرف دمایی-آفتابی (HTUE) در دوره پر شدن دانه مربوط به تاریخ کاشت اول بود (جدول ۱۱).

از آنجایی که عملکرد دانه در تاریخ کاشت اول بطور معنی‌داری کمتر از تاریخ کاشت‌های دوم، سوم و چهارم بود (جدول ۶) این افزایش کارایی ناشی از جلو افتادن دوره پر شدن دانه است که باعث شد ساعات آفتابی و درجه - روز رشد کمتری در طول دوره پرشدن دانه دریافت کنند (جدول ۸). کارایی مصرف انرژی و تاثیر آن بر عملکرد دانه تابع عوامل ژنتیکی و تنظیم مراحل فنولوژیکی گیاه از طریق انتخاب تاریخ کاشت مناسب است و در شرایط تاریخ کاشت نامناسب کاهش می‌یابد (Singh *et al*., 2016). کاشت زودهنگام باعث می‌شود گیاه در دوره پر شدن دانه، نتواند از حداکثر درجه - روز رشد استفاده کند در حالی که در تاریخ کاشت‌های دیر هنگام به دلیل کوتاه شدن مراحل فنولوژیکی گیاه درجه - روز رشد (GDD)کمتری دریافت می کند و در نتیجه کاهش عملکرد نمی‌تواند حداکثر کارایی انرژی را داشته باشد (Gupta *et al*., 2017).

در کلیه مراحل فنولوژیک و دوره پرشدن دانه ارقام کلاته و احسان به ترتیب بیشترین و کمترین کارایی مصرف انرژی را داشتند (جدول ۱۱). در ارقام مختلف در مرحله گلدهی و دوره پر شدن دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی-نوری (PTUE)، و کارایی مصرف دمایی-رطوبتی (HYTUE) با عملکرد دانه وجود داشت (جدول ۹). همچنین در مرحله گلدهی بین کارایی مصرف دمایی-آفتابی (HTUE) و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت درحالی که رابطه معنی‌داری بین کارایی مصرف دمایی-آفتابی (HTUE) در طول دوره پرشدن دانه با عملکرد مشاهده نشد (جدول ۹). این نتایج نشان می‌دهند که انتخاب تاریخ کاشت مناسب گندم در شرایط آب و هوایی حاکم بر منطقه برای مدیریت گندم بسیار تعیین کننده است و منجر به حداکثر کارایی مصرف انرژی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه خواهد شد (Solanki *et al*., 2017).

نتیجه‌گیری

بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که طول دوره پر شدن دانه در تاریخ کاشت سوم (۱۰ آذر)، با وجود تفاوت یک ماه با تاریخ کاشت اول (۱۰ آبان)، تحت تاثیر تاریخ کاشت قرار نگرفت و شرایط مطلوبی از نظر ارتفاع گیاه و مقاومت به خوابیدگی بوته برای ارقام مختلف گندم فراهم شد. بطوریکه در دو تاریخ کاشت اول و دوم، ارقام مختلف دچار خوابیدگی شدیدی شدند.

برای ارقام مختلف تاریخ کاشت سوم بیشترین مقادیر را از نظر شاخص‌های زراعی- اقلیمی شامل مجموع درجه - روز رشد (GDD)، مجموع طول روز (DL)، مجموع واحد دمایی-نوری (PTU)، مجموع واحد دمایی-رطوبتی (HYTU)، کارایی مصرف دما (HUE)، کارایی مصرف دمایی-آفتابی

(HTUE)، کارایی مصرف دمایی-نوری (PTUE) و کارایی مصرف دمایی-رطوبتی (HYTUE) داشت. بنابراین تاریخ کاشت سوم شرایطی بهینه، از نظر دما، طول روز، رطوبت نسبی و کارایی مصرف انرژی در طول دوره پر شدن دانه برای ارقام مختلف فراهم نمود و آثار تنش‌های گرما و خشکی انتهایی به حداقل رسید. به همین دلیل بیشترین عملکرد دانه در تاریخ کاشت سوم مشاهده شد.

علاوه بر تاریخ کاشت، تولید ارقام مناسب و سازگار با شرایط اقلیمی منطقه نیز نقشی تعیین کننده در افزایش عملکرد دانه دارد. نکته حائز اهمیت کاهش طول دوره رشد رقم کلاته بدون تغییر در طول دوره پر شدن دانه آن بود که باعث فرار از تنش‌های گرما و خشکی انتهایی، افزایش کارایی مصرف انرژی و در نتیجه افزایش عملکرد دانه این رقم شد.

بنابراین می‌توان گفت که تاریخ کاشت و رقم مناسب از عوامل مهم برای مدیریت دوره پر شدن دانه گندم در استان گلستان محسوب می‌شوند. لازم به ذکر است هریک از ارقام استفاده شده در این پژوهش با توجه به تنوع آب هوایی استان گلستان برای کشت در برخی مناطق آن سازگاری و ارجحیت دارند.

سپاسگزاری

مقاله حاضر از داده های پروژه خاص با شماره مصوب۱۴۸۵-۹۶-۲۹۲-۰۳-۵۷-۲۴مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شده است که با حمایت مالی معاونت بهبود تولیدات گیاهی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان انجام شد. نگارندگان بدینوسیله از پشتیبانی مالی آن معاونت سپاسگزاری می کنند.

References

Acevedo, E., Silva, P., and Silva, H. 2002. Wheat growth and physiology. pp. 39-70. In: Curtis, B. C., Rajaram, S., and Gomez- Macpherson, H. (eds.) Bread wheat: improvement and production. FAO. Rome.

Ahmad, L., Kanth, R. H., Parvaze, S., and Mahdi, S. S. 2017. Growing degree days to forecast crop stages. pp. 95-98. In: Ahmad, L., Kanth, R. H., Parvaze, S., and Mahdi, S. S. (eds.) Experimental agrometeorology: a practical manual. Springer.

Ahmadi, K., Abadzadeh, H., Abdashah, H., Kazemian, A., and Rafiee, M. 2018. Agricultural statistics in cropping season 2016-2017. Publications of Ministry of Jihad-e-Agriculture. Tehran, Iran. 124 pp. (in Persian).

Amrawat, T., Solanki, N., Sharma, S., Jajoria, D., and Dotaniya, M. 2013. Phenology growth and yield of wheat in relation to agrometeorological indices under different sowing dates. African Journal of Agricultural Research 8: 6366-6374.

Andarzian, B., Hoogenboom, G., Bannayan, M., Shirali, M., and Andarzian, B. 2015. Determining optimum sowing date of wheat using CSM-CERES-Wheat model. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 14: 189-199.

Anonymous. 2018. Global warming of 1.5℃: an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5℃ above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, intergovernmental panel on climate change. 616 pp.

Anonymous. 2019. Food and Agriculture Organization (FAO): Available http://www .fao.org/faostat/en/#home. Last accessed on 12 October 2019.

Aslam, M. A., Ahmed, M., Stöckle, C. O., Higgins, S. S., and Hayat, R. 2017. Can growing degree days and photoperiod predict spring wheat phenology? Frontiers in Environmental Science 5: 57.

Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R. P., Lobell, D. B., Cammarano, D., Kimball, B., Ottman, M. J., Wall, G., and White, J. W. 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. Nature Climate Change 5: 143.

Bauer, A., Fanning, C., Enz, J. W., and Eberlein, C. 1984. Use of growing-degree days to determine spring wheat growth stages. Extension Bulletin-North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, Cooperative Extension Service, USA 37: 1-12

Camargo, A. V., Mott, R., Gardner, K. A., Mackay, I. J., Corke, F., Doonan, J. H., Kim, J. T., and Bentley, A. R. 2016. Determining phenological patterns associated with the onset of senescence in a wheat MAGIC mapping population. Frontiers in Plant Science 7: 1540.

Daba, K., Warkentin, T. D., Bueckert, R., Todd, C. D., and Tar'an, B. 2016. Determination of photoperiod-sensitive phase in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Frontiers in Plant Science 7: 478.

Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A., and Siddique, K. H. 2011. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. Critical Reviews in Plant Sciences 30: 491-507.

Farooq, M., Hussain, M., and Siddique, K. H. 2014. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. Critical Reviews in Plant Sciences 33: 331-349.

Fischer, R. A., and Stapper, M. 1987. Lodging effects on high-yielding crops of irrigated semidwarf wheat. Field Crops Research 17: 245-258.

Ghaffari, A., and Jalal Kamali, M. 2013. Wheat productivity in Islamic Republic of Iran: Constraints and opportunities. pp. 98-11. In Paroda, R., Dasgupta, S., Mal, B., Singh, S.S., Jat, M. L., and Singh, G. (eds.) Proceedings of the regional consultation on improving wheat productivity in Asia, Bangkok, Thailand.

Gudadhe, N., Kumar, N., Pisal, R., Mote, B., and Dhonde, M. 2013. Evaluation of agrometeorological indices in relation to crop phenology of cotton (*Gossipium* spp.) and chickpea (*Cicer aritinum* L.) at Rahuri region of Maharashtra. Trends in Biosciences 6: 246-250.

Gupta, M., Sharma, C., Sharma, R., Gupta, V., and Khushu, M. 2017. Effect of sowing time on productivity and thermal utilization of mustard (*Brassica juncea*) under sub-tropical irrigated conditions of Jammu. Journal of Agrometeorology 19: 137-141.

Jagadish, K. S., Kishor, K., Polavarapu, B., Bahuguna, R. N., von Wirén, N., and Sreenivasulu, N. 2015. Staying alive or going to die during terminal senescence—an enigma surrounding yield stability. Frontiers in Plant Science 6: 1070.

Jalal Kamali, M. R., Sharifi, H. R., Khodarahmi, M., Jokar, R., Torkaman, H., and Ghavidel, N. 2007. Variation in developmental stages and its relationships with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions I: Phenology. Seed and Plant Jouranl 23 (4): 445-472 (in Persian).

Jalal Kamali, M. R., and Sharifi, H. R. 2010. Variation in developmental stages and its relationship with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions II: Yield and yield components. Seed and Plant Production Journal 26 (1): 1-23 (in Persian).

Kalateh-Arabi, M., Sheikh, F., Soqi, H., and Hivehchie, J., 2011. Effects of sowing date on grain yield and its components of two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan in Iran. Seed and Plant Production Journal 27: 285-296 (in Persian).

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Sharifi, H. R., Zand, E., and Kamali, G. 2001. A simulation study for growth, phenology and yield of wheat cultivars under the doubled CO2 concentration in Mashhad conditions. Desert 6 (2): 117-127 (in Persian).

LI, Q.-y., Jun, Y., Liu, W.-d., Zhou, S.-m., Lei, L., Niu, J.-s., Niu, H.-b., and Ying, M. 2012. Determination of optimum growing degree-days (GDD) range before winter for wheat cultivars with different growth characteristics in North China Plain. Journal of Integrative Agriculture 11: 405-415.

Liu, B., Liu, L., Asseng, S., Zou, X., Li, J., Cao, W., and Zhu, Y. 2016. Modelling the effects of heat stress on post-heading durations in wheat: A comparison of temperature response routines. Agricultural and Forest Meteorology 222: 45-58.

Liu, B., Liu, L., Tian, L., Cao, W., Zhu, Y., and Asseng, S. 2014. Post-heading heat stress and yield impact in winter wheat of China. Global Change Biology 20: 372-381.

Mkhabela, M., Ash, G., Grenier, M., and Bullock, P. 2016. Testing the suitability of thermal time models for forecasting spring wheat phenological development in western Canada. Canadian Journal of Plant Science 96: 765-775.

Parmesan, C., and Hanley, M. E. 2015. Plants and climate change: complexities and surprises. Annals of Botany 116: 849-864.

Pérez-Gianmarco, T. I., Slafer, G. A., and González, F. G. 2018. Wheat pre-anthesis development as affected by photoperiod sensitivity genes (Ppd-1) under contrasting photoperiods. Functional Plant Biology 45: 645-657.

Reynolds, M. P., Foulkes, J., Furbank, R., Griffiths, S., King, J., Murchie, E., Parry, M., and Slafer, G. 2012. Achieving yield gains in wheat. Plant, Cell & Environment 35: 1799-1823.

Salazar-Gutierrez, M., Johnson, J., Chaves-Cordoba, B., and Hoogenboom, G. 2013. Relationship of base temperature to development of winter wheat. International Journal of Plant Production 7: 741-762.

SAS Institute. 2011. STAT 9.3 User's guide. SAS Inst., Cary, NC. USA.

Semenov, M. A., and Stratonovitch, P. 2013. Designing high-yielding wheat ideotypes for a changing climate. Food and Energy Security 2: 185-196.

Sharifi, H. R. 2016. Response of phenological development stages, grain yield and yield components of bread wheat cultivars with different growth habits to delayed planting. Seed and Plant Production Journal 32: 21-44 (in Persian).

Sikder, S. 2009. Accumulated heat unit and phenology of wheat cultivars as influenced by late sowing heat stress condition. Journal of Agriculture and Rural Development 7 (1and 2): 59-64.

Singh, M. P., and Singh, N. 2014. Thermal requirement of indian mustard (*Brassica juncea*) at different phonological stages under late sown condition. Indian Journal of Plant Physiology 19: 238-243.

Singh, S., Kingra, P., and Singh, S. P. 2016. Heat unit requirement and its utilisation efficiency in wheat under different hydrothermal environments. Annals of Agricultural Research 37: 1-11.

Slafer, G., Abeledo, L., Miralles, D., Gonzalez, F., and Whitechurch, E. 2001. Photoperiod sensitivity during stem elongation as an avenue to raise potential yield in wheat. pp. 487-496. In: Bedo, Z., and Lang, L. (eds.) Wheat in a global environment. Springer.

Slafer, G.A. 2012. Wheat development: its role in phenotyping and improving crop adaptation. pp. 107–121. In Reynolds, M. P., Pask, A. J. D., and Mullan, D.M. (eds.) Physiological breeding I: interdisciplinary approaches to improve crop adaptation. CIMMYT: Mexico-Veracruz, Mexico.

Solanki, N. S., Samota, S. D., Chouhan, B. S., and Nai, G. 2017. Agrometeorological indices, heat use efficiency and productivity of wheat (*Triticum aestivum*) as influenced by dates of sowing and irrigation. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 6 (3): 176-180.

Wang, X., Vignjevic, M., Liu, F., Jacobsen, S., Jiang, D., and Wollenweber, B. 2015. Drought priming at vegetative growth stages improves tolerance to drought and heat stresses occurring during grain filling in spring wheat. Plant Growth Regulation 75: 677-687.

Warthinhton, C., and Hatchinson, C. 2005. Accumulated degree days as a model to determine key development stages and evaluate yield and quality of potato in Northeast Florida. Proceedings of State Horticulture Society 118: 98-101.

Zhang, X., Gao, M., Wang, S., Chen, F., and Cui, D. 2015. Allelic variation at the vernalization and photoperiod sensitivity loci in Chinese winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Frontiers in Plant Science 6: 470.